

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...

pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne-normandie.fr/sml> au format PDF

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères *maximum*) : **MARPLIJ**

Intitulé du projet *en langue française* : **Métaux toxiques dans l'Aulne et la Rade de Brest en lien avec les extractions minières historiques de plomb argentifère : enjeux, stocks, flux et enregistrement des modifications récentes**

Intitulé du projet *en langue anglaise* : **Toxic metals in the Aulne river and the Bay of Brest from historical mining operations of silver-bearing lead. Inventories, fluxes and recent changes**

Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

- DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue
- DIS 4 : Technologies pour la société numérique
- DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles

DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

Préciser le sous-domaine correspondant : **7A**, Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des écosystèmes et de leurs interactions

Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

Établissement porteur du projet : **UBO/IUEM**

Ecole Doctorale : **EDSML**

Identification du-de la responsable du projet (futur-e directeur-trice de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : **Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR)**

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : **UMR 6539**

Directeur du Laboratoire : **Luis Tito de Morais**

Nom de l'équipe de recherche : **Chibido**

Nombre HDR dans le laboratoire : **48**

Nombre de thèses en cours : **47**

Nombre de post-docs en cours : **12**

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : **WAELES Matthieu**

- e-mail : **waeles@univ-brest.fr**

- Téléphone : **02 98 49 86 96**

- Publications récentes du directeur-trice de thèse (*nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années*) :

40 publications de rang A

5 références récentes :

- Waeles, M., Tanguy, V., Riso, R.D., **2015**. On the control of copper colloidal distribution by humic substances in the Penzé estuary. **Chemosphere** 119, 1176–1184.
- Cotte, L., Waeles, M., Pernet-Coudrier, B., Sarradin, P.-M., Cathalot, C., Riso, R.D., **2015**. A comparison of in situ vs. ex situ filtration methods on the assessment of dissolved and particulate metals at hydrothermal vents. **Deep Sea Research Part I**: 105, 186–194.
- Auger, P.A., Machu, E., Gorgues, T., Grima, N., Waeles, M., **2015**. Comparative study of potential transfer of natural and anthropogenic cadmium to plankton communities in the North-West African upwelling. **Science of the Total Environment** 505, 870–888.
- Waeles, M., Planquette, H., Afandi, I., Delebecque, N., Bouthir, F., Donval, A., Shelley, R.U., Auger, P., Riso, R.D., Tito de Morais, L., **2016**. Cadmium in the waters off South Morocco: Nature of particles hosting Cd and insights into the mechanisms fractionating Cd from phosphate. **Journal of Geophysical Research: Oceans** 121, 3106–3120
- Waeles, M., Cotte, L., Pernet-Coudrier, B., Chavagnac, V., Cathalot, C., Leleu, T., Laës-Huon, A., Perhirin, A., Riso, R., Sarradin, P., **2017**. On the early fate of hydrothermal iron at deep-sea vents: A reassessment after in situ filtration. **Geophysical Research Letters** 44, 4233–4240.

- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

- **Virginie Aumond (2010-2013): co-encadrement 33%**
 - Spéciation du cuivre en milieu hydrothermal profond et dans les zones de suintements froids
 - Financement : Ifremer/EDSML
 - Thèse soutenue le 19 décembre 2013.
 - Situation professionnelle actuelle : Responsable métrologie NKE instrumentation

- **Lauriane Marie (2013-2016): co-encadrement 33%**
 - Sujet : Composition, transfert et dynamique de la matière organique dissoute (MOD) dans les eaux fluviales et estuariennes : impact des activités agricoles.
 - Financement : ARED/EDSML
 - Thèse soutenue le 8 décembre 2016.
 - Situation professionnelle actuelle : Enseignante dans le secondaire

- **Laura Cotte (2014-2017) : taux d'encadrement 50%, direction de thèse**
 - Sujet : Devenir des éléments métalliques en milieu hydrothermal profond : partition dissous-particulaire effective et spéciation dans le mélange fluide hydrothermal-eau de mer précoce
 - Financement : Ifremer/EDSML
 - Thèse soutenue le 6 décembre 2017.
 - Situation professionnelle actuelle: Ingénieure projet au Pôle-Mer Bretagne

- **Johann Breitenstein (2016-2019) : co-encadrement 33%**
 - Sujet : développements analytiques pour la caractérisation de la matière organique dans le continuum terre-mer (Thèse en cours)
 - Financement : MNERT/EDSML
 - Thèse en cours

Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

La Rade de Brest est soumise à une pollution chronique par des métaux toxiques tels que le plomb, le cadmium ou le zinc. Si la source de cette pollution est identifiée, en l'occurrence les activités minières historiques de plomb argentifère de la région de Huelgoat-Poullaouen sur le bassin versant de l'Aulne, aucune étude ne s'est attachée à définir les caractéristiques de cette pollution ce qui limite fortement la capacité des collectivités territoriales à la gérer. Dans le cadre de cette thèse, nous nous proposons d'établir un bilan complet de l'état de contamination de l'Aulne fluvial et maritime (estuaire et partie sud de la Rade de Brest). Il s'agira (1) d'évaluer les stocks de métaux toxiques dans les sédiments de l'Aulne, en particulier au niveau des anciennes écluses de la partie canalisée, (2) de connaître la dynamique des flux actuels de métaux dans la rivière de l'Aulne, (3) d'étudier les transformations chimiques et physico-chimiques dans l'estuaire de l'Aulne afin de quantifier de manière robuste le piégeage et/ou le relargage de ces métaux dans l'estuaire et (4) de comprendre, via l'analyse de coquille St Jacques capables d'enregistrer les variations environnementales du milieu, comment ont récemment évolué les flux vers la zone côtière

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

De profondes modifications de la répartition de certaines espèces semblent s'opérer depuis quelques années dans la Rade de Brest. Par exemple, le stock de crépidules (gastéropode invasif établi dans la rade depuis les années 1990) a fortement régressé dans le bassin sud de la rade sous influence directe de l'Aulne alors qu'il s'est maintenu au Nord. De fortes mortalités ont également été enregistrées sur les stocks de pétoncles noirs et d'huitres plates avec des conséquences importantes pour la filière conchylicole. Ces modifications profondes des écosystèmes de la Rade sont potentiellement liées à des métaux toxiques tels que le plomb (Pb), le zinc (Zn) ou le cadmium (Cd). En effet, les travaux récents de Chiffoleau (2017) menés au sein du réseau ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral) ont mis à jour une contamination importante des sédiments par ces métaux toxiques dans la partie Sud de la Rade de Brest. Les anomalies de concentrations, qui dépassent significativement les valeurs indicatives de la convention OSPAR (Figure 1), sont vraisemblablement dues aux activités minières historiques (18^{ème} et 19^{ème} siècle principalement) de plomb argentifère de la région de Huelgoat-Poullaouen sur le bassin versant de l'Aulne.

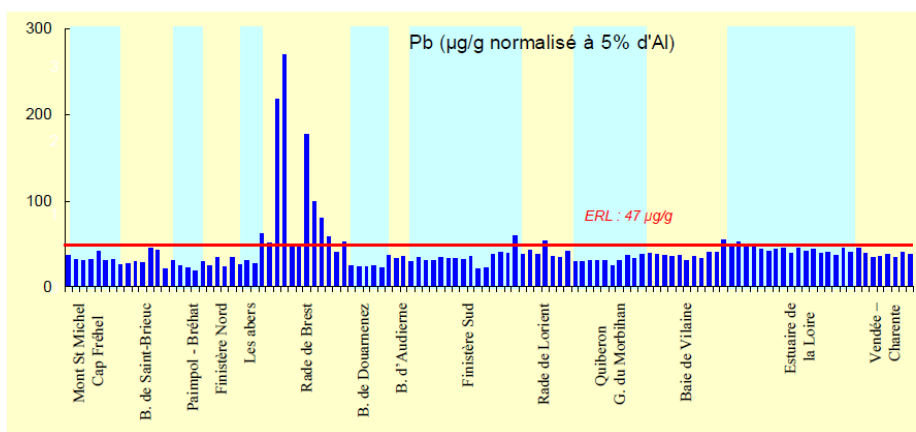


Figure 1 : concentrations en plomb dans les sédiments de surface du littoral Loire-Bretagne. Chiffoleau (2017)

Différentes hypothèses peuvent donc être posées pour expliquer les effets observés sur les organismes marins de la Rade Brest: modification des flux de métaux en provenance de la partie fluviale liés à un évènement hydrologique majeur ou relargage à partir du sédiment de la Rade suite par exemple à l'intensification de la pêche à la praire (pour cause de restriction sur la Saint-Jacques) et à la destruction potentielle des bancs de Maerl retenant des sédiments anoxiques contaminés. Il apparaît donc urgent de faire un bilan complet de l'état de contamination par les métaux toxiques de l'Aulne et de la Rade de Brest. En effet, très peu de données sont actuellement disponibles mis à part les

travaux ponctuels menés par le BRGM dans quelques cours d'eau de la région de Huelgoat-Poullaouen (Lemière et Clozel, 2000) ou les travaux susmentionnés du réseau ROCCH (5 échantillons de sédiments dans la Rade sud). En outre ces données sont largement insuffisantes pour nous renseigner sur la dynamique des échanges entre les différents compartiments et ne permettent donc pas de gérer les risques inhérents à cette pollution.

Dans le cadre de cette thèse, nos objectifs sont :

- **d'établir un bilan complet de l'état de contamination de l'Aulne fluvial.** Il s'agira d'évaluer les stocks de métaux toxiques dans les sédiments de l'Aulne, en particulier au niveau des anciennes écluses de la partie canalisée. Notre hypothèse est que la construction de ces écluses au début 19^{ème} (coïncidant avec la période d'activité minière la plus importante) a non seulement réduit significativement les apports sédimentaires vers la Rade de Brest mais a aussi contribué à piéger des quantités importantes de métaux.
- **de connaître la dynamique des flux actuels de métaux dans la rivière de l'Aulne.** Les questions suivantes seront abordées : Comment les métaux sont-ils mobilisés près des anciennes mines ? Quels sont les flux en métaux dissous et particulaire en sortie de fleuve (Zone de Châteaulin-Port Launay) ; Comment ces flux sont-ils contrôlés par les événements extrêmes (fortes précipitations par exemple) ?
- **d'étudier les transformations chimiques et physico-chimiques dans l'estuaire de l'Aulne** via l'analyse des métaux dissous et particulaires dans les compartiments pélagiques et sédimentaires lors d'un cycle annuel et en prenant en compte l'ensemble du gradient salé. Ceci permettra d'établir un bilan de masse pour les différents métaux étudiés et de quantifier de manière robuste le piégeage et/ou le relargage de ces métaux dans l'estuaire.
- **de comprendre comment ont récemment évolué ces flux et apporter des éléments pour prédire à moyen terme et long terme l'évolution des teneurs dans les différents compartiments. Cet objectif sera notamment poursuivi via l'analyse de coquilles St Jacques** capables d'enregistrer les variations environnementales du milieu (Chauvaud et al., 2005).

Références bibliographiques :

Chauvaud, L., Lorrain, A., Dunbar, R.B., Paulet Y.M., Touzeau, G., Jean, F., Guarine, J.M., Mucciarone, D., 2005. Shell of the Great Scallop *Pecten maximus* as a high- frequency archive of paleoenvironmental changes. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6, .

Chiffolleau, J.-F., 2017. La contamination chimique sur le littoral Loire-Bretagne. Rapport Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00405/51617/52170.pdf>

Lemière, B. et Clozel, B., 2000 Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la Rade de Brest. Rapport BRGM <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-50027-FR.pdf>

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Notre équipe possède une solide expertise pour répondre à ces questions. En effet nous disposons d'une large panoplie d'instruments analytiques adaptés à ces environnements spécifiques et aux types d'échantillons recueillis (méthodes électrochimiques, en particulier). Ceux-ci ont permis la réalisation de nombreux travaux sur la dynamique des métaux dans les systèmes fluvio-estuariens (Loire, Penzé et Aulne en particulier). Une liste de références de ces travaux de notre équipe est donnée ci-après.

Dans le cadre de cette étude, nous nous appuierons sur des analyses de métaux en phase dissoute et particulaire dans les compartiments pélagiques et sédimentaires. Des suivis seront réalisés en différents points stratégiques de l'Aulne fluvial pour évaluer les stocks ainsi que la dynamique des flux dans la rivière. L'ensemble du gradient salé estuarien sera échantillonné en différentes périodes du cycle annuel afin de dresser des bilans de masse robustes.

Références bibliographiques de notre équipe dans le cas de l'étude des métaux dans les systèmes fluvio-estuariens :

- Waeles, M., Riso, R.D., Maguer, J.-F., Le Corre, P., 2004. Distribution and chemical speciation of dissolved cadmium and copper in the Loire estuary and North Biscay continental shelf, France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 49–57.
- Waeles, M., Riso, R.D., Le Corre, P., 2005a. Seasonal variations of cadmium speciation in the Penzé estuary, NW France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65, 143–152
- Waeles, M., Riso, R.D., Le Corre, P., 2005b. Seasonal variations of dissolved and particulate copper species in estuarine

waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62, 313–323.

- Waeles, M., Riso, R.D., Le Corre, P., 2007b. Distribution and seasonal changes of lead in an estuarine system affected by agricultural practices: The Penzé estuary, NW France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74, 570–578.
- Waeles, M., Tanguy, V., Lespes, G., Riso, R.D., 2008b. Behaviour of colloidal trace metals (Cu, Pb and Cd) in estuarine waters: an approach using frontal ultrafiltration (UF) and stripping chronopotentiometric methods (SCP). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80, 538–544.
- Vandenhecke, J., Waeles, M., Cabon, J.-Y., Garnier, C., Riso, R.D., 2010. Inorganic arsenic speciation in the waters of the Penzé estuary (NW France): Seasonal variations and fluxes to the coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90, 221–230.
- Tanguy, V., Waeles, M., Vandenhecke, J., Riso, R., 2010. Determination of ultra-trace Sb (III) in seawater by stripping chronopotentiometry (SCP) with a mercury film electrode in the presence of copper. *Talanta* 81, 614–620.
- Tanguy, V., Waeles, M., Gigault, J., Cabon, J.-Y., Quentel, F., Riso, R.D., 2011. The removal of colloidal lead during estuarine mixing: seasonal variations and importance of iron oxides and humic substances. *Marine and Freshwater Research* 62, 329–34
- Waeles, M., Dulaquais, G., Jolivet, A., Thébault, J., Riso, R., 2013a. Systematic non-conservative behavior of molybdenum in a macrotidal estuarine system (Aulne-Bay of Brest, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 131, 310–318.
- Waeles, M., Riso, R., Pernet-Coudrier, B., Quentel, F., Durrieu, G., Tissot, C., 2013c. Annual cycle of humic substances in a temperate estuarine system affected by agricultural practices. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 106, 231–246.
- Waeles, Matthieu, Vandenhecke, J., Salaiün, P., Cabon, J.-Y., Riso, R.D., 2013d. External sources vs internal processes: What control inorganic As speciation and concentrations in the Penzé estuary? *Journal of Marine Systems* 109, S261–S272.
- Waeles, M., Tanguy, V., Riso, R.D., 2014. High-resolution examination of the colloidal speciation of cadmium in estuarine waters (Penzé, NW France). *Marine Chemistry* 167, 71–81.
- Waeles, M., Pernet-Coudrier, B., Rouget, M., Liorzou, C., Riso, R.D., 2015a. Stream chemical dynamic and metal accumulation in a temperate watershed affected by agricultural practices (Penzé, NW France). *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 29, 1795–1804.
- Waeles, M., Tanguy, V., Riso, R.D., 2015b. On the control of copper colloidal distribution by humic substances in the Penzé estuary. *Chemosphere* 119, 1176–1184.
- Marie, L., Pernet-Coudrier, B., Waeles, M., Gabon, M., Riso, R., 2015. Dynamics and sources of reduced sulfur, humic substances and dissolved organic carbon in a temperate river system affected by agricultural practices. *Science of The Total Environment* 537, 23–32.
- Marie, L., Pernet-Coudrier, B., Waeles, M., Riso, R., 2017. Seasonal variation and mixing behaviour of glutathione, thioacetamide and fulvic acids in a temperate macrotidal estuary (Aulne, NW France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 184, 177–190.
- Dulaquais, G., Breitenstein, J., Waeles, M., Marsac, R., Riso, R., 2018. On the application of size exclusion liquid chromatography with organic carbon, UV and nitrogen detections to dissolved organic matter characterization in estuarine and marine waters. *Environmental Chemistry*, in press

3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

4 - Pour la région Bretagne: adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

Ce sujet est en complète adéquation avec les objectifs globaux de la DIS 7A (Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des écosystèmes et de leurs interactions) :

1. Apporter des outils d'aide à la décision visant à protéger les écosystèmes naturels, prévenir les différents risques par l'amélioration du socle de connaissances, le développement de monitoring fiable et performant en lien avec les pressions anthropiques [dans notre cas avec des activités minières historiques]

2. Gestion des milieux et des ressources

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

7 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

8 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

- la régulation du climat par l'océan
- les interactions entre la Terre et l'océan
- la durabilité des systèmes côtiers
- l'océan vivant et les services écosystémiques
- les systèmes d'observation à long terme

Le cas échéant (si financement ISblue demandé): en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

Lors de cette thèse, le doctorant recevra une double compétence en Chimie Analytique et en Chimie de l'Environnement. Si le futur docteur envisage une poursuite de carrière vers la recherche scientifique cela constituera une base solide pour la trouver un contrat postdoctoral à l'étranger. Si le futur docteur souhaite s'insérer directement vers le milieu professionnel, l'expérience montre que nos anciens étudiants en thèse bénéficiant de cette double compétence en chimie Analytique et en chimie de l'Environnement trouvent facilement des emplois dans des secteurs variés : ingénieur en métrologie de l'environnement, ingénieur en bureau d'étude, ingénieur projet ou enseignant dans les disciplines scientifiques.

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

De nombreuses archives sédimentaires ont déjà été collectées en Rade de Brest dans le cadre du programme LABEXMer Pepite (collaboration Axel Ehrhold). Cet effort de mutualisation des prélèvements de carottes de sédiment sera poursuivi par des prélèvements dans la partie canalisée de l'Aulne au cours de l'année 2019.

L'analyse des coquilles sera menée sur des individus collectés avec une périodicité mensuelle à Lanvéoc sur la période 2011-2018 par l'équipe de Laurent Chauvaud. La séparation des différents organes et leur préparation pour l'analyse des éléments et de leurs isotopes stables (lyophilisation et broyage) sera menée en 2019.

L'analyse des isotopes stables dans les différentes matrices collectées (eaux, MES, sédiments, tissus et des coquilles de St Jacques...) sera menée en collaboration avec Jean-Alix Barrat (Laboratoire Geosciences Océan).

10 - Si projet de co-tutelle, internationale, précisez le pays et l'établissement

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

EDSML, EUR Isblue ou Brest Métropole Océane (BMO)

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

EDSML, EUR Isblue ou Brest Métropole Océane (BMO)

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Master universitaire ou diplôme d'ingénieur en Chimie Analytique et/ou Chimie de l'Environnement.

Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (oui/non) : non

Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :

Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : non

(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)

En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :

Financement du projet de thèse

Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : non

Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) :

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier :

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) :

Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique

Domaines d'innovation stratégique

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Ventilation en sous-domaines

D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

D3- Activités maritimes pour une croissance bleue

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

D4- Technologies pour la société numérique

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.